

**ESTUDIO CLÍNICO COMPARATIVO ENTRE DOS
DISPOSITIVOS DE LUZ PARA BLANQUEAMIENTOS EN
CLÍNICA**



Trabajo de Fin de Máster de Ciencias Odontológicas

2014

Beatriz González Rosino

ESTUDIO CLÍNICO COMPARATIVO ENTRE DOS DISPOSITIVOS DE LUZ PARA BLANQUEAMIENTOS EN CLÍNICA

Trabajo de Fin de Máster de Ciencias Odontológicas

Beatriz González Rosino

Director:

Prof. Dr. D. Carlos Oteo Calatayud.

Departamento de Estomatología II

Facultad de Odontología

Universidad Complutense de Madrid.

ÍNDICE

1.-INTRODUCCIÓN	1-22
1.1. Historia.....	1-2
1.2. El color y sus percepciones.....	3-6
1.3. Métodos de medición del color.....	6-9
1.4. El color de los dientes naturales.....	9-10
1.5. Pigmentación dentaria.....	10-12
1.6. Agentes blanqueantes.....	12-13
1.7. Mecanismo de acción de los agentes blanqueantes.....	13
1.8. Técnicas de blanqueamiento.....	14-15
1.9. Sistemas de activación.....	15-16
1.9.1. Fuentes de luz.....	16-19
1.10. Indicaciones y contraindicaciones del blanqueamiento dental.....	19
1.11. Posibles efectos secundarios a tener en cuenta.....	19-20
2.-JUSTIFICACIÓN	20-21
3.-HIPÓTESIS DE TRABAJO	21
4.-OBJETIVOS	21
5.- MATERIALES Y MÉTODOS	21-28
6.- RESULTADOS	28-31
7.- DISCUSIÓN	31-38
8.- CONCLUSIONES	38
9.- BIBLIOGRAFÍA	39-43

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad actual del mundo moderno y civilizado, asume como patrón de belleza una sonrisa blanca con dientes bien contorneados y alineados. La estética bucal no solo aporta belleza, su importancia radica en las múltiples asociaciones que se relacionan a una boca con estas características. Se considera un signo de salud nutricional, amor propio, higiene y hasta estatus económico. A pesar de ello, los dientes presentan con frecuencia un color o forma alterada, comprometiendo sustancialmente la estética.

Por tanto, el blanqueamiento dental es hoy en día uno de los tratamientos que adquiere mayor protagonismo en las clínicas odontológicas⁽¹⁾.

1.1. HISTORIA

El blanqueamiento dental es un método conservador para el tratamiento de discromías o decoloraciones de diversa etiología que logra reducir varios tonos el color original de las piezas dentales.

La historia de la Odontología estética comienza desde los principios del ser humano. Por nuestra naturaleza, siempre hemos buscado la belleza de una forma u otra. Con el paso de los años, estos cánones de belleza han ido variando hasta alcanzar el concepto actual.

Nuestros antepasados cavernícolas ansiaban tener caninos grandes por ser a su juicio síntomas de fuerza y salud, imprescindibles para la lucha. Los egipcios alrededor del 2000 a.C. ya disponían de cosméticos y consideraban los dientes sanos y blancos como signo de salud, limpieza y fortaleza. Los médicos romanos del siglo I recomendaban el cepillado con orina para blanquear los dientes. Los mayas entre los años 300 y 900 d.C, practicaron una odontología correctora con fines cosméticos y/o religiosos. Se realizaban incrustaciones de jade y limaban sus bordes para demostrar que tenían una posición social alta entre otras acciones. En la antigua China imperial, las viudas teñían sus dientes de negro como signo de renuncia a la belleza. En el Japón medieval, y hasta el siglo XIX se realizaba la técnica del *ohguro*. Ésta técnica también consistía en conseguir el ennegrecimiento de los dientes. Se basaba en la aplicación de un tinte negro obtenido de una mezcla de hongos, sake, hierro oxidado, además de otros componentes. En cambio, se reservaba para acontecimientos sociales de gran importancia. Era signo de alta posición social por lo que causaba

furor entre la nobleza de la época y los samuráis de alto rango. Esta costumbre dejó de aplicarse cuando la emperatriz, en 1873 apareció en público con los dientes blancos⁽²⁾.

En cambio, en la España prerromana se preconizaba el enjuague con orines envejecidos en cisternas. Entre los siglos XIV y XVIII el tratamiento para blanquear los dientes consistía en desgastar el esmalte con lijas metálicas y luego se les aplicaba una solución de ácido nítrico. Múltiples brebajes a lo largo de la historia perseguían la obtención de unos dientes más blancos. En Occidente, Heymann en el año 1864 utilizó el cloruro de calcio y el ácido acético. Chapple, en 1877 describe en una publicación el uso de ácido oxálico para tratar cierto tipo de decoloraciones. Taft en 1888, intenta el blanqueamiento con el uso de hipoclorito de calcio. Harlan en 1894 usa el dióxido de hidrógeno. En 1895, Weskale recomienda una mezcla de peróxido de hidrógeno y éter que para que sea más efectiva debe activarse con corriente eléctrica. Rossental en el 1911 añade el uso de ondas ultravioletas. Kant usa ácido hidrociorhídrico al 18%, alcohol y aplicación de calor para el blanqueamiento de dientes por fluorosis. Abbot, en 1918, establece las bases para las técnicas actuales al introducir un método efectivo consistente en peróxido de hidrógeno al 37% que se activa con luz y calor⁽³⁾.

Fue descrito como tratamiento odontológico hace más de un siglo⁽⁴⁾. Inicialmente se empleó en el año 1916 para el tratamiento de la fluorosis y el material utilizado fue ácido clorhídrico. En 1918⁽³⁾ Abbot describió por primera vez la utilización de luz para aumentar la temperatura del peróxido de hidrógeno y acelerar el proceso de blanqueamiento químico⁽⁵⁾.

No fue hasta 1930 cuando el peróxido de hidrógeno activado con calor fue aceptado como tratamiento⁽³⁾. Se empleaban altas concentraciones de peróxido de hidrógeno al 30% y 35% combinadas con la aplicación de calor. En 1937 se describió el uso de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) junto con éter y calor para el tratamiento de la fluorosis endémica. En esta técnica transmitían el calor a través de instrumentos de metal previamente calentados y aplicados sobre el esmalte moteado. Se han estudiado otras muchas técnicas para activar el peróxido con técnicas de calor, como utilizar instrumentos calientes. Se comprobó que se corría riesgo de provocar daño irreversible a la pulpa, y por ello empezaron a centrarse en la activación del peróxido con espectros de luz que no calentasen la pulpa, como ocurre con las luces halógenas, diodos, arcos de plasma o láser^(5,6).

1.2 EL COLOR Y SUS PERCEPCIONES

Las impresiones visuales invaden nuestra vida diaria. Mientras que una mirada superficial nos da información cotidiana, una observación más atenta suministra una infinidad de detalles. Hay una gran multitud de formas de ver lo que nos rodea.

El color es una impresión puramente subjetiva, formada en una región específica del cerebro, y que se debe a la especialización de ciertas células situadas en la retina: los bastones y los conos⁽⁷⁾.

Se trata de un fenómeno físico-químico asociado a las infinitas combinaciones de la luz y relacionado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético que perciben los humanos a través del órgano de la visión. La visión no existe sin luz. Los cuerpos al ser iluminados, absorben o transmiten una parte de las ondas electromagnéticas y reflejan las restantes. De esta forma, el ser humano a través del ojo capta las ondas reflejadas, produciendo señales que pasan al cerebro donde se interpreta el color según las longitudes de onda correspondientes. La percepción que tenemos del color es por tanto, la porción visible del espectro de la onda electromagnética no absorbida⁽⁸⁾.

Debido a esto, el color está determinado por la longitud de la onda misma o de energía irradiada. Esta característica del color es la dimensión que permite distinguir un color de otro.

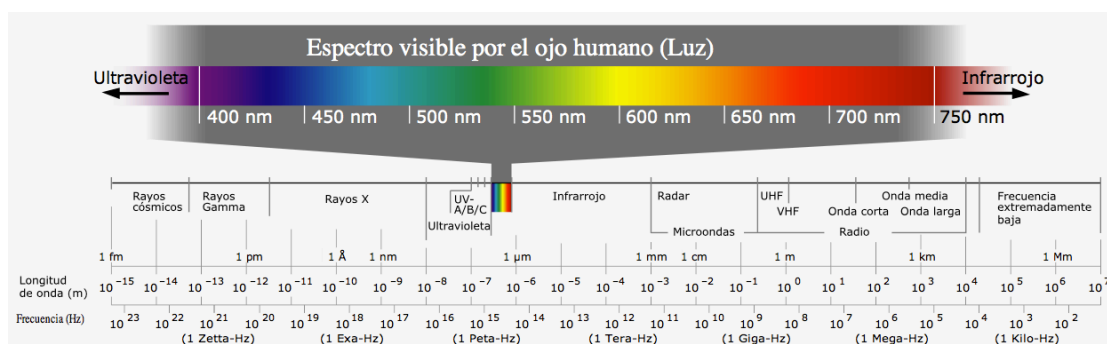


Figura1. Espectro de luz visible por el hombre⁽⁸⁾

La percepción del color en odontología es un tema que ha sido tratado en numerosas ocasiones. Fue descrita por Bruce Clark hace más de 40 años y en 1931 propuso las bases de la medición del color⁽⁹⁾.

Para realizar la toma de color dental se debe tener en cuenta que los resultados pueden variar por factores externos e internos⁽¹⁰⁾.

El entorno es un factor externo que comprende la luminosidad del sitio donde se registra el color, el fondo empleado, etc. Los factores internos son los relacionados directamente con los dientes que hacen que la reflexión de la luz pueda cambiar. Las características morfológicas como las concavidades y las convexidades de la superficie del esmalte no solamente definen su textura sino que también pueden ser una variante que modifica la vía de reflexión de la luz afectando su absorción sobre la superficies y la apariencia del color de los dientes⁽¹¹⁾.

Los dientes tienen unas propiedades ópticas que deben ser tenidas en cuenta en todo momento por el observador. Estas cualidades son el tipo de incidencia de luz, su transmisión a través del diente, el reflejo, la dispersión y la absorción de la misma. A su vez, estas propiedades ópticas de los dientes varían en función de la dirección, el movimiento y el color de la luz. Por tanto, la experiencia y la adaptación del observador tiene gran influencia en la percepción de los colores dentales.

Al ser un fenómeno tan complejo, se encuentran dificultades para definir el color. Sproul (1977) decía que ésta percepción sensorial dependía de tres fenómenos. Por un lado, el fenómeno físico externo al cuerpo, la luz; por otro el fenómeno psicofísico, la respuesta del ojo al estímulo de la luz y finalmente el fenómeno psicosensores, la respuesta cerebral⁽⁷⁾.

Por lo tanto, el color puede definirse de 3 formas diferentes. Desde el punto de vista físico, el color viene definido por la intensidad de la energía emitida, la longitud de onda y la composición espectral. Desde el punto de vista psicofísico, destacan la luminosidad, longitud de onda dominante y el valor calorimétrico; y por último, desde el punto de vista psicosensores, hay que tener siempre en cuenta tres dimensiones del color para conseguir el más apropiado en nuestros tratamientos: tonalidad, luminosidad y cromatismo⁽¹²⁾.

La primera dimensión del color, el tono (hue/matiz), lo podemos definir como la sensación por la cual un observador percibe las distintas longitudes de onda que desprende un objeto. La mayoría de nosotros lo nombramos indebidamente como “color”. Es la característica que permite diferenciar entre colores azul, rojo, amarillo, etc.

El espectro visible comprende longitudes de onda que van desde 380nm hasta 760nm. La región por debajo del espectro visible se denomina “ultravioleta” y la que está por encima “infrarrojo”.

Color	Longitud de onda
Rojo	~ (620-760) nm
Naranja	~ (580-620) nm
Amarillo	~ (560-580) nm
Verde	~ (490-560) nm
Azul	~ (430-490) nm
Violeta	~ (380-430) nm

Figura 2.

La segunda dimensión del color es el valor (value/brillo). Es una propiedad acromática, es decir, independiente del color. Nos permite describir las relativas diferencias entre luminosidad y oscuridad, su rango comprende del negro al blanco. Es quizás la dimensión más importante para el odontólogo, por lo que es la propiedad más valorada en los estudios⁽¹³⁾.

La tercera dimensión es el croma (chroma/ saturación). Es el grado de intensidad del tono.

En el caso de los dientes, habrá que añadir un cuarto parámetro, la translucidez. La translucidez es una cuarta dimensión que según Rosentiel⁽¹⁴⁾ debe ser adicionada para tornar el sistema de Munsell⁽¹⁵⁾ más efectivo para los odontólogos. La translucidez es tan importante como el valor y juega un papel importante en el fenómeno de la transmisión de la luz. Es diferente para cada material y estructura, porque la luz pasa a través de cada elemento con diferentes grados de transmisión y refracción, produciendo diferente apariencia clínica.

Existen numerosos sistemas de clasificación del color. El más aceptado el desarrollado por A. Munsell^(15, 16, 17)

Munsell observó que para obtener una visualización y descripción del color de forma apropiada, era necesario un sólido tridimensional en lugar de una carta bidimensional mediante el cual era posible mostrar la distribución de los colores en tres dimensiones. El eje vertical de la esfera es la dimensión del valor. Éste se divide en 10 escalones, desde el 0 que es el negro, al 10 que es el blanco. Alrededor de éste eje se concentran las progresiones del tono, las cuales se dividen en 10 escalones. La saturación del tono se extiende hacia fuera a partir del centro. Las saturaciones más bajas están cerca del eje central, y las más altas están más alejadas⁽¹⁸⁾.

La esfera de Munsell no es una esfera simétrica, debido a que no todos los hues desarrollan igual pureza y niveles de brillo (Fig. 3).

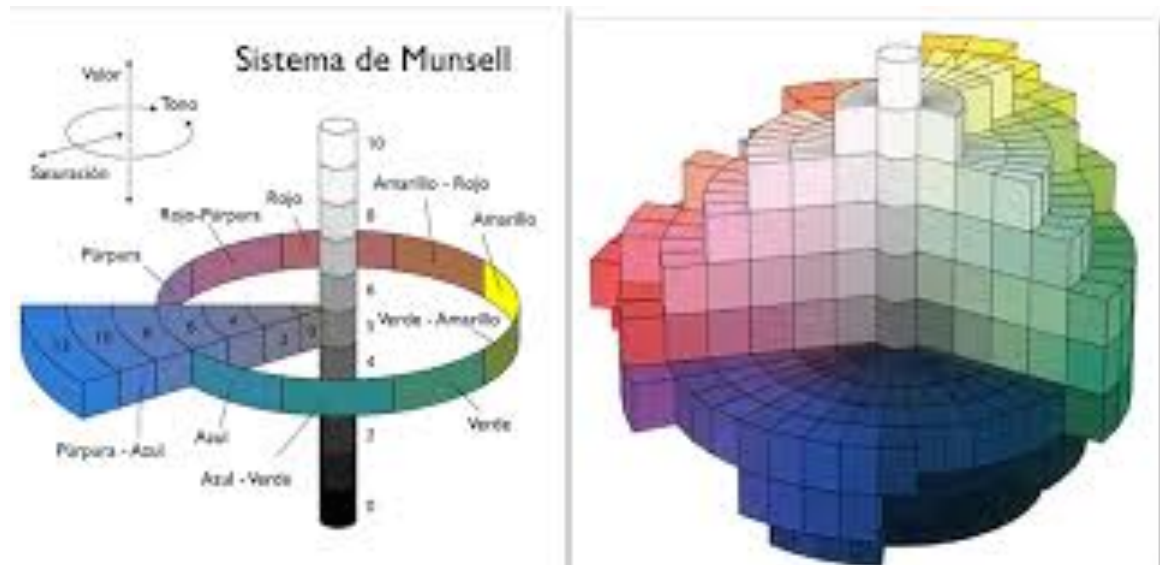


Figura 3 . Esfera de Munsell; sistema de repartición de colores según su Valor, Tono y Croma⁽¹⁹⁾.

1.3 MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL COLOR

En odontología tenemos varias formas de seleccionar el color, a través de la comparación visual con guía de colores, la utilización de instrumentos como colorímetros, espectrofotómetros y espectroradiómetros, y mediante análisis de imágenes digitales.

Se puede realizar de forma subjetiva, mediante guías de colores, como la Guía Vita Classical⁽²⁰⁾. La guía de color ideal no existe, aunque hay algunas muy completas como la introducida por Hayashi en 1967⁽²¹⁾ o el indicador de color dental de Clark en 1933⁽²²⁾.

Estas guías estandarizan los colores más habituales de los dientes, desde los más blancos hasta los más oscuros, hasta un total de unos 15 colores.

La técnica habitual de estimación cromática consiste en comparar el color del diente con una guía artificial y comprobar cual de las muestras de la guía utilizada se asemeja más al diente estudiado^(10, 17, 23).

La zona del diente utilizada para la selección de color es el tercio medio, debido al rango de colores que cambia desde incisal a gingival.

El principal problema viene en este caso dado por el hecho de que existen tantas guías de color como fabricantes, que a su vez se organizan de diversas maneras. Así las guías clásicas más usadas Vita classical y Chromascop, vienen ordenadas por grupos de tonalidades agrupadas en grupos A, B, C, D para Vita y 100, 200, 300, 400, 500 en el caso de Chromascop; las dimensiones relativas a luminosidad y saturación, se anotan de 1 a 4 en la guía Vita y de 10 a 40 en la Chromascop.

Existen factores externos que pueden influenciar en la percepción y toma de color. Entre ellos nos encontramos con los factores ambientales, es decir, la luminosidad del lugar, el color del fondo empleado, etc. También influyen los factores humanos, no es lo mismo un observador con mayor experiencia que uno primerizo, influyendo también entre estos factores, la edad y la fatiga⁽¹⁰⁾. Las variaciones en el valor son las más fácilmente percibidas por el ojo humano⁽¹¹⁾. Para contrarrestar efectos subjetivos como la fatiga visual, se recomienda que el valor deba ser seleccionado primero y a partir de esta característica se organice la guía de colores desde la luminosidad a la oscuridad^(5, 13, 24, 25).

Actualmente, existe esta tendencia de ordenar las guías de color en base a la luminosidad de los colores y no la tonalidad, porque nuestro ojo es más sensible a cambios de claridad que a diferencias de tonalidad⁽¹⁶⁾. A pesar de estas limitaciones el ojo humano ha demostrado ser un sistema capaz de identificar las diferencias del color⁽²⁵⁾.

Asimismo, es interesante que una guía presente diferencias cromáticas homogéneas entre los distintos escalones de las mismas, cosa que habitualmente no se cumple. Según el estudio realizado por Yamamoto en 1992⁽²⁶⁾ sobre dientes naturales y muestras de color, dice que la mayoría de los dientes son de la tonalidad A en la guía Vita, y que una gran proporción entre A2 y A3,5. El ojo humano no capta con la misma fuerza las tres dimensiones del color. Por orden de importancia, la luminosidad será primera, seguida por el chroma y finalmente por la tonalidad. De acuerdo con Yamamoto, la luminosidad es tres veces más importante que la tonalidad, y dos veces más que el cromatismo.

Estos conceptos actuales toman forma en la guía denominada Vitapan 3D-Master, de Vita, que establece grupos por su luminosidad, decreciendo del 1 al 5, que divide en subgrupos según la saturación cromática creciente de 1 a 3, y a continuación se determina si dentro de estos grupos, se

mantiene en el tono de color medio M, o deriva hacia el amarillo L o al rojo R. Al parecer, según el fabricante, esta forma de organización facilita el trabajo en Odontología, dado que, como hemos visto, el ojo aprecia más las variaciones de brillo y saturación que las de tonalidad, especialmente en coloraciones más claras y menos cromáticas, como las que corresponden a los colores normales en los dientes humanos.

Incluso hay quien recomienda 12 reorganizar las guías de color en función de la claridad, en vez de la tonalidad, así la guía Vita Classical quedaría ordenada de la siguiente manera: B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3,5, B4, C3, A4, C4.

Actualmente, ésta es la guía más utilizada para valorar la eficacia de los blanqueamientos dentales por comparación de tonos^(27,28).

Las directrices en la medición del color se basan actualmente en el uso de los parámetros estipulados por la CIELAB (CIE Commission Internationale de l' Eclairage). La CIE (1976) define los parámetros L, a*, b* como valores que tienen una medición perceptual: L* es la luminosidad, la cual se relaciona con la intensidad del color; mientras que a* y b* son coordenadas sobre los ejes rojo-verde y amarillo-azul respectivamente. Un valor positivo de a* significa que tiene componente roja, si, en cambio, es negativo, tiene componente verde. Por otra parte si b* es positivo, significa que el color tiene componente amarilla y si, en cambio, es negativo, la tiene azul. A partir de estos parámetros, diferentes investigadores utilizaron estas características para la medición del color de los dientes en vivo^(24, 27).

Las variaciones del color por el sistema CIE Lab ($\Delta E1$) se miden según la fórmula:

$$\Delta E1 = \sqrt{(a0 - a1)^2 + (b0 - b1)^2 + (L0 - L1)^2}$$

Los colorímetros son filtros de los componentes verde, rojo y azul de la luz. Utilizan 3 o 4 fotodiodos de silicio los cuales tienen una corrección espectral que simula las funciones estándar del ojo humano sobre la superficie a evaluar. Por ello, puede utilizarse como alternativa de la valoración visual.

Debido a la gran subjetividad que domina durante el proceso de la medición del color, están apareciendo en el mercado a lo largo de los últimos años una serie de instrumentos electrónicos,

llamados espectrofotómetros, destinados a facilitar y objetivar el proceso de toma de color. Gracias a su aparición, existe la posibilidad de medir el color de una manera más precisa, fiable y repetible.

Existen aparatos de medición en único punto del diente por lo que precisaríamos de varias lecturas para apreciar variaciones regionales del color del diente, y los hay de lectura extensa, capaces de captar toda la superficie de un diente cada vez, o de varios simultáneamente, y de confeccionar un mapa cromático del diente a través de un programa de ordenador.

Como ventaja presentan la eliminación de la subjetividad en el proceso de toma de color, y una gran mejora en la reproductividad del mismo, la eliminación del factor ambiental en la toma de color, al utilizar fuentes de luz constantes y ser calibrados cada vez que se emplean. En la literatura actual se observa que cada vez más estudios utilizan el espectrofotómetro como elemento de medición del color dental, dejando las guías de color en un segundo plano^(20, 29, 30).

El espectrofotómetro se diferencia del espectralradiómetro fundamentalmente en que, el espectrofotómetro presenta una fuente de luz estable. El funcionamiento tradicional de estos dispositivos consiste en un fotodiodo (semiconductor construido con una unión principalmente de diodos y transistores, sensibles a la incidencia de la luz visible o infrarroja) detector que realiza un escaneo y registro de la cantidad de luz y su longitud de onda. Sin embargo, son considerados más lentos que los filtros de los colorímetros^(7, 11, 16, 31).

Las cámaras digitales son un nuevo dispositivo utilizado para comparar la imagen digital registrada con una guía de colores estándar. Las cámaras contienen foto-sitios que tienen la misma función que los fotodiodos, cada foto-sitio responde solo a una intensidad de luz que se refleja sobre la superficie a evaluar. La ventaja de este método es que la cámara registra cada uno de los tres colores primarios en cada localización del pixel (menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital)^(16, 31, 32).

1.4. EL COLOR DE LOS DIENTES NATURALES

Podemos observar varios colores en un mismo diente, esto es porque son policromáticos. Varían en función de la región del diente, por tanto, no encontraremos el mismo color en la zona cervical que en el borde incisal.

El color natural del diente se ve afectado por varios parámetros. Depende del grosor, la composición y la estructura de los tejidos que lo forman. Estos tres parámetros van variando a lo largo de la vida, influyendo en el color del diente. El diente consta principalmente de un tejido pulpar, dentina y esmalte, y cada uno de éstos tejidos posee propiedades ópticas distintas.

El esmalte, es el órgano más mineralizado del organismo, compuesto por un 96% de mineral y el 4% de materia orgánica y agua. La parte mineral está compuesta por hidroxiapatita e iones de flúor. Es un tejido de extrema dureza ya que ha de soportar las cargas masticatorias.

Su estructura translúcida hace que su color varíe entre el amarillo claro y el blanco grisáceo. Su espesor no es uniforme por toda la extensión del diente, encontrando menos esmalte en la zona cervical, donde hay una mayor influencia del color de la dentina y más estructura hacia su borde incisal⁽¹²⁾.

La dentina, es el tejido más importante respecto al color. El bajo contenido de minerales, comparado con el esmalte, y la elevada proporción de sustancias orgánicas, explica la opacidad relativa de la dentina primaria. Los túbulos que la forman producen una difracción selectiva de la luz, por la cual ciertos rayos serán reflejados y otros absorbidos. Esta difracción produce la opacidad de la dentina primaria. Con la edad, la dentina primaria se convierte en dentina secundaria, aumentando su contenido en mineral y por lo tanto es menos opaca.

El tejido pulpar, generalmente rojo oscuro, se encuentra en el centro del diente. Su volumen disminuye con el paso de los años. A edades tempranas, este tejido tiene por tanto mayor volumen, y proporciona al diente una tonalidad rosada.

1.5. PIGMENTACIÓN DENTARIA

La pigmentación dentaria es un problema frecuente. Afecta a personas de diferente edad, y puede presentarse tanto en la dentición temporal como en la permanente.

Las partículas responsables de generar tinciones son los cromóforos. Derivan fundamentalmente de componentes orgánicos (carotenos), iones metálicos (hierro, estaño) o de la combinación de ambos (sangre). Presentan gran cantidad de electrones capaces de absorber energía o luz visible y excitarse para así emitir diversos colores⁽³¹⁾. Pueden provocar dos tipos de tinciones:

externas e internas. Las tinciones externas se producen en la superficie del esmalte y las tinciones internas son las que penetran en el interior del diente. Según Eriksen y Nordbo (1978), la pigmentación extrínseca aumenta con la edad y es más común en hombres⁽¹⁸⁾.

Existen determinados factores que provocan la tinción dentaria. Podemos encontrar manchas intrínsecas, provocadas en la etapa de formación del diente, antes de que erupcione en la boca. Principalmente se ve afectada la dentina y el esmalte. Son aquellas manchas que aparecen por el uso de medicamentos, como las tetraciclinas, o mala formación del esmalte, como las hipoplasias. Otras manchas aparecen posteriores a la erupción de los dientes como causa de golpes o fracturas de dientes, provocando necrosis pulpar o por envejecimiento creándose una hipercalcificación dentinaria.

Por otro lado, las manchas extrínsecas, provienen de la ingesta de alimentos, bebidas u otros agentes de uso diario, como el café, el tabaco, el vino tinto, bebidas carbonatadas, té, colutorios, etcétera. Otras manchas son provocadas en la clínica como las causadas por amalgamas de plata.

Tratamientos de las pigmentaciones dentarias:

No todas estas decoloraciones pueden ser tratadas de la misma manera. En función a la intensidad de la mancha, color y origen, su tratamiento puede variar.

Touati en el año 2000⁽³³⁾ describió las posibles técnicas para el tratamiento de las tinciones dentales:

- Microabrasión
- Blanqueamiento en consulta en dientes vitales (In-Office)
- Blanqueamiento a domicilio en dientes vitales (At-Home)
- Blanqueamiento combinado en dientes vitales

A fecha de hoy, habría que incluir el tratamiento mediante prótesis fija como las carillas o las coronas para aquellas pigmentaciones intensas y blanqueamiento interno para dientes no vitales.

La microabrasión consiste en la microreducción química y mecánica del esmalte superficial, eliminando así las manchas más superficiales del esmalte⁽³¹⁾. Mc Closkey en 1984⁽³⁴⁾ describió cómo manchas superficiales marrones y amarillentas producidas por la fluorosis que pueden ser tratadas

usando ácido clorhídrico concentrado sobre el esmalte. Croll y Cavanaugh⁽³⁵⁾ en su artículo del año 1986 demostraron que la utilización de una mezcla de ácido clorhídrico al 18% con piedra pómez puede dar excelentes resultados para remover la capa superficial del esmalte afectado por una decoloración patológica o una descalcificación. Sus indicaciones se limitan a manchas o descalcificaciones superficiales del esmalte, de 2 a 3 micrómetros. Ésta técnica no tiene validez, por ejemplo, para tratar decoloraciones causadas por tetraciclinas.

El blanqueamiento en cambio, consiste en un aclaramiento del diente mediante una reacción química de oxidación, como bien preconizó Abbot en 1918⁽³⁵⁾.

1.6. AGENTES BLANQUEANTES

Los principales componentes químicos que se utilizan actualmente son el Peróxido de Hidrógeno, y el Peróxido de Carbamida.

Peróxido de Hidrógeno

El Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2), conocido también como agua oxigenada o dioxidazo, es un compuesto químico apolar. Su estructura es inestable, descomponiéndose, mediante una reacción exotérmica, en oxígeno y agua. Su velocidad de descomposición puede aumentar en presencia de un catalizador. Es un líquido incoloro con sabor amargo y altamente soluble en agua. Además es un agente oxidante con muchas aplicaciones industriales como por ejemplo en la fabricación de textiles, en la elaboración de alimentos, en tratamientos capilares, en la destilación de vinos y en el blanqueamiento dental entre otros. Desde 1993, el uso del peróxido de hidrógeno ha sido aceptado como producto cosmético y de higiene oral, aprobado por la ADA (Asociación Dental Americana) por su efecto antiséptico y antibacteriano.

El peróxido de hidrógeno, por sus propiedades químicas, bajo peso molecular, difunde a través de la matriz orgánica del esmalte y la dentina. Durante el blanqueamiento, el peróxido de hidrógeno crea un proceso de oxigenación sobre la superficie del diente donde interactúa rompiendo las uniones de las moléculas de la tinción. Una vez en el interior de la estructura dental, al combinarse con distintos catalizadores o activadores (luz, calor, ultrasonidos, etc.) el proceso del blanqueamiento dental puede acelerarse. Algunas fuentes de luz actúan como aceleradores de la degradación del peróxido en su interior generando oxígeno y radicales libres^(36, 37, 38).

Peróxido de Carbamida

El Peróxido de Carbamida o Peróxido de Urea, es el compuesto químico formado por peróxido de hidrógeno y urea (un compuesto orgánico). Cuando se descompone forma aproximadamente un 3% de peróxido de hidrógeno y un 7% de urea. El peróxido de carbamida puro tiene forma de cristales blancos o polvo de cristal, es soluble en agua, y contiene aproximadamente un 35% de peróxido de hidrógeno⁽³⁶⁾. Se utiliza como decolorante o desinfectante. Se incorpora en productos de consumo como tintes decolorantes para el pelo, en gotas antisépticas para el tratamiento de afecciones de los oídos, en colutorios, en productos para tratar lesiones bucales y en dentífricos. Cuando es utilizado como agente blanqueador se le añade carbopol y otros espesantes como glicerina para producir un gel y mejorar sus propiedades.

1.7. MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS AGENTES BLANQUEANTES

En 1970 Cohen y col⁽³⁹⁾, realizaron la primera publicación indicando que existía un mecanismo químico por el cual el peróxido de hidrógeno pasaba a la dentina y lograba un aclaramiento en el diente.

Actualmente, se desconoce el mecanismo por el que estos productos consiguen aclarar los dientes, pero se considera que estos compuestos utilizan las moléculas de oxígeno para descomponer la molécula de color y hacerla soluble en agua⁽⁵⁾.

En el caso del peróxido de hidrógeno al ser un producto oxidante y difundir en el interior del diente, es capaz de descomponerse químicamente produciendo radicales libres hidroxilos⁽⁴⁰⁾. Los radicales libres son inestables e interactúan con las macromoléculas que conforman la estructura química de los pigmentos alojados entre las sales inorgánicas del esmalte dental^(5, 41, 42).

Por tanto, las macromoléculas de los pigmentos se fragmentan en moléculas más pequeñas. Esto permite que el diente tenga un aspecto más claro y que la luz pueda reflejarse con mayor intensidad y produciéndose el aclaramiento del diente^(39, 43).

1.8. TÉCNICAS DE BLANQUEAMIENTO

Éstos agentes blanqueadores podemos encontrarlos en diferentes concentraciones y formatos, en función a la técnica utilizada para blanquear.

El blanqueamiento en dientes vitales se puede realizar de dos formas; la técnica de blanqueamiento en consulta (in-Office), y la técnica de blanqueamiento de forma domiciliaria (at-Home)⁽⁴⁴⁾.

Blanqueamiento en Consulta (In-Office)

En el blanqueamiento dental realizado en consulta, llamado también In-Office o Profesional, utiliza el Peróxido de Hidrógeno a altas concentraciones, principalmente entre un 25%, y un 38%, por lo que el tratamiento produce resultados en menor tiempo comparado con el domiciliario.

Para realizar esta técnica hay que aplicar un protector gingival para evitar quemaduras en mucosas y encías y posteriormente aplicar el agente blanqueador sobre los dientes.

El peróxido de hidrógeno puede ser activado con luz o calor con el fin de acelerar el proceso de oxidación y liberación de radicales libres⁽⁴⁵⁾.

Por este motivo desde finales de los años setenta, las lámparas de fotopolimerización han sido utilizadas como fuente de activación para acelerar el proceso de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno⁽⁴⁶⁾.

Se ha demostrado mediante varios estudios, que si aplicamos una fuente de luz como lámparas de diodo, de plasma o láser, entre otras, conseguiremos una aceleración de la oxidación del peróxido de hidrógeno, consiguiendo un blanqueamiento eficaz en menos tiempo. Por este motivo desde finales de los años setenta, las lámparas de fotopolimerización han sido utilizadas como fuentes de activación para acelerar el proceso de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno^(14, 47).

Blanqueamiento Domiciliario (At-Home)

Este tipo de tratamiento recibe el nombre de at-home o domiciliario porque se realizan en casa aunque siempre supervisado por un profesional. La frecuencia, momento y número de aplicaciones varían dependiendo la concentración del gel y del paciente⁽⁴⁴⁾.

Se utiliza peróxido de carbamida en concentraciones del 10 al 20% o peróxido de hidrógeno en

concentraciones bajas del 6-10%^(5, 39, 43, 45, 48, 49).

Puede realizarse de diferentes maneras. La más común, emplea férulas de acetato de vinilo fabricadas a partir de un modelo previo de la arcada del paciente en cuyo interior se aplica el agente blanqueante y se colocan sobre los dientes. Otras, más novedosas consiste en aplicar mediante pinceles el agente sobre los dientes a modo de barniz o aplicar una tira adhesiva impregnadas del agente blanqueante^(5, 45, 49).

1.9. SISTEMAS DE ACTIVACIÓN

A través de la interacción de factores físicos con el oxígeno presente en los agentes blanqueantes podemos acelerar el proceso de blanqueamiento⁽⁵⁰⁾.

Si se aumenta la temperatura del gel blanqueante en 10°C las reacciones químicas se aceleran considerablemente⁽⁵⁾. Existen determinadas fuentes lumínicas que aumentan la temperatura debido a la amplia longitud de onda, y se emplean para la activación del peróxido de hidrógeno⁽⁵¹⁾.

Hay diversos autores que opinan que el inconveniente de esto sería la posibilidad de producir daños irreversibles en la pulpa dental debido a un excesivo calor^(4, 51, 52, 53).

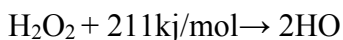
Sin embargo, el agente blanqueante en forma de gel reduce la temperatura de la superficie dental de un 87 a un 96% ya que actúa como aislamiento, y de esta forma se contrarresta el calor. Además, contiene grandes cantidades de agua, por lo que en el proceso de evaporación de este componente se produce un efecto frío sobre la superficie del diente⁽⁵²⁾.

La presencia de componentes fotosensibles en el peróxido de hidrógeno ha propulsado otro método de activación que se realiza a través de la aplicación de luz. Se basa en que estos componentes fotosensibles presentes en el gel blanqueante pueden ser activados mediante luz para catalizar la reacción de oxidación y acelerar el proceso de blanqueamiento. Se emplea para concentraciones de peróxido de hidrógeno del 25 al 38%^(4, 27).

Por lo tanto, el aumento de la velocidad de reacción en estos sistemas puede ser debido a dos procesos físico-químicos: Termocatalisis y Fotolisis

Termocatalisis

El aumento de producción de los radicales hidroxilos se presenta como resultado del aumento de la temperatura de acuerdo a la ecuación resultante⁽⁵⁴⁾:



Cuando la luz se aplica sobre el gel del blanqueamiento, una pequeña fracción es absorbida y esta energía se convierte en calor. Éste es el principal mecanismo de acción de los blanqueamientos activados con luz. Por este motivo, algunos productos para blanqueamiento son mezclados con colorantes específicos como por ejemplo el caroteno, ya que el color naranja-rojo incrementa la absorción de luz azul⁽⁵⁴⁾.

Se aconseja que la aplicación de estos sistemas se realice en periodos cortos para evitar efectos secundarios ya que el calor genera un aumento de la permeabilidad del diente al peróxido, favoreciendo su eficacia.

Fotolisis

El aumento de producción de los radicales hidroxilos provenientes del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) también es posible mediante la activación directa del gel a través de la luz. A este proceso se le conoce como fotolisis. La luz de una frecuencia específica es absorbida, resultando una separación del H_2O_2 en dos radicales de hidroxilo. La energía requerida para este proceso corresponde a una frecuencia de luz con una longitud de onda de 248nm. Las diferentes fuentes de luz utilizadas en la técnica de blanqueamiento dental en consulta alcanzan valores superiores a estos rangos de luz, y es por ello que son utilizadas para estos tipos de tratamientos⁽⁵⁴⁾.

1.9.1 FUENTES DE LUZ

La luz aumenta la eficacia de acción del gel de blanqueamiento. A pesar de que este proceso no está demostrado en su totalidad, algunos estudios publican importantes resultados al utilizar el peróxido de hidrógeno activado con luz^(40, 54, 56, 57, 58).

Se trata de conseguir que la lámpara emita la energía suficiente para que pueda interactuar con los componentes fotosensibles presentes en el gel blanqueante⁽³¹⁾.

Actualmente, existen varios tipos de lámparas de luz, entre los que se encuentran la lámpara de láser, de plasma, halógena, de rayos ultravioleta y LED todas ellas tienen longitudes de onda que comprenden el espectro de luz visible, siendo las dos últimas las más empleadas en la actualidad.

-Láser. Los tipos de láser utilizados para blanqueamiento dental son los de ión de argón con un rango de longitudes de onda de 488 a 514nm y láser de diodo con longitudes de onda de 790nm a 980nm⁽⁵⁹⁾. Uno de los efectos secundarios de estos sistemas es que aumentan la temperatura intrapulpar por lo que se aconseja disminuir los tiempos de exposición^(50,60). El láser presenta una longitud de onda constante que reduce el riesgo de generar posibles efectos secundarios como quemaduras asociados a diferentes longitudes de ondas como los rayos infrarrojos y de luz ultravioleta⁽⁵⁹⁾.

-Plasma. La lámpara de arco de luz de plasma, tiene un ánodo de tungsteno y un cátodo en forma de tubo de cuarzo lleno de gas de xenón (Gas noble inodoro, muy pesado e incoloro). Cuando la corriente pasa a través del xenón produce una luz blanca, pero a través de sus filtros emite un espectro de luz aproximadamente entre azul-verde que comprenden los 400nm-500nm necesarios para la activación del gel de blanqueamiento⁽⁶¹⁾.

-Halógena. La lámpara de luz halógena: su rango de longitud de onda es entre 400 y 500 nanómetros (nm), los cuales son necesarios para la activación del gel blanqueante. Su fuente de luz proviene de un bulbo halógeno de 12 volts/ 75 watts, cuya longitud de onda apropiada la produce un filtro especial^(40, 62).

-Ultravioleta. Luz ultravioleta. Una de las características de la luz ultravioleta es que presenta un alto espectro de propagación en la materia⁽⁵⁴⁾. Actualmente la única lámpara que utiliza este tipo de luz para la técnica de blanqueamiento dental in-office es la lámpara Zoom2® de la casa Discus Dental. Esta lámpara emplea un rango de luz de 350nm-400nm. Su fuente es un halide (componente químico halógeno con elementos electropositivos como sodio o potasio)^(38,63). La luz ultravioleta emite energía que activa el gel de peróxido de hidrógeno, el cual es catalizado por una reacción, llamada reacción foto-Fenton. En esta reacción participa el hierro el cual actúa como agente de disolución⁽⁶⁴⁾.

-LED (light-emitting diode; Lámparas de luz emitida por diodos). Se caracterizan principalmente porque su luz no se emite por el calentamiento de filamentos metálicos, sino por emisión de energía a partir de diodos simétricamente orientados que emiten una luz azul que varía entre 440 y 490 nm. Estas lámparas a diferencia de otras no generan calor y por ello no necesitan de un sistema de

ventilación⁽⁴⁰⁾. Los ledes presentan muchas ventajas sobre otras fuentes de luz, principalmente por el bajo consumo de energía, mayor tiempo de vida, tamaño reducido, durabilidad, resistencia a las vibraciones, y por la reducción de ruidos en las líneas eléctricas. La lámpara de luz Zoom![®] de Discus Dental (Philips WhiteSpeed Whitening LED Accelerator) utiliza luz LED y reduce costes y consumo de energía en un 40% frente a los modelos anteriores de Zoom[®]. Su desventaja es que pueden ser dañinos para la vista sin uso de protección visual.

El gel de peróxido de hidrógeno del antiguo sistema Zoom2[®] frente al gel de peróxido de hidrógeno del nuevo sistema Zoom![®] contiene los mismos componentes. Incluyen gluconato ferroso para activación del peróxido de hidrógeno y fosfato de calcio amorfo, el cual se utiliza para prevenir la sensibilidad dental. Cuando se mezcla en la jeringa dispensadora el gel de H₂O₂ con el gel activador que contiene hierro, el resultante de esta combinación al ser irradiado por la energía de la luz aumenta el efecto catalítico del Fe²⁺ (hierro). En este momento se inicia la reacción foto-Fenton, la cual tiene la característica de ser un proceso de continua auto-renovación o cíclico⁽⁴³⁾. En presencia de tinciones cromóforas presentes en los dientes, los radicales libres generados por la vía de la oxidación rompen las uniones de carbono en la molécula de la tinción produciéndose el blanqueamiento del diente⁽³⁷⁾.



Reacción Fenton

El hierro (Fe²⁺) reacciona con peróxido (H₂O₂) produciendo hierro (Fe³⁺) y radicales libres (OH[•]), este radical libre resultante, es una molécula extremadamente inestable y por tanto, con gran poder reactivo. El radical libre interactúa con las moléculas de carbono de las tinciones. Este proceso es denominado reacción Fenton.



Regeneración Foto-Fenton de la reacción fenton

En este fenómeno juega un papel muy importante la radiación propagada a través de las ondas electromagnéticas producidas por ambos tipos de luz (radiación electromagnética) al interactuar con la molécula de hierro (Fe³⁺) y el radical libre (OH[•]) resultante de la anterior reacción Fenton, el cual lleva un electrón desapareado muy susceptible de crear enlace con otro átomo. En este caso el hierro (Fe³⁺) interactuará con el radical libre (OH[•]). En este proceso el hierro perderá un electrón que será tomado por el radical libre, para posteriormente formar un hidroxilo (OH). De esta forma se

restablece una nueva molécula que nuevamente seguirá teniendo interacción con el hierro, regenerándose de forma cíclica la generación de radicales libres.

La ventaja de la reacción del foto-Fenton es que aumenta las cantidades de radicales libres de hidroxilo. Esta reacción es cíclica y se renueva periódicamente sin que termine⁽³⁷⁾.

1.10. INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL

No todas las tinciones se pueden tratar mediante un blanqueamiento dental, por lo que están indicadas las tinciones causadas por tetraciclinas (solo grados 1 y 2), fluorosis dental, tabaco, por la edad, etc.

Por otro lado, este tratamiento estará completamente contraindicado en pacientes menores de 14 años los cuales tienen dientes con pulpas grandes, por la proximidad del gel blanqueador a la pulpa ya que es un irritante pulpar.

Fluorosis severas o Tetraciclinas de grado 3 y 4, ya que se preferirá un tratamiento más agresivo para obtener adecuados resultados.

Dientes que presenten caries tampoco deberían ser tratados con blanqueamiento dental, por la facilidad de que el gel blanqueador se filtre a pulpa o dentina, por lo que es necesario tratar primero esa caries antes de realizar el tratamiento de blanqueamiento⁽⁶⁵⁾.

En pacientes con enfermedades periodontales o gingivales sin tratar hay que tener cuidado ya que el gel blanqueador en contacto con la encía puede producir irritaciones⁽⁶⁶⁾.

1.11. POSIBLES EFECTOS SECUNDARIOS A TENER EN CUENTA

Todo tratamiento tiene una serie de posibles complicaciones que el paciente debe saber antes de realizarse cualquier tratamiento de blanqueamiento.

El más común es la sensibilidad dentaria^(2,4,5,33). En tratamientos que se realizan en clínica, al ser las concentraciones del gel más altas, el índice de sensibilidad es mayor. En cambio, en la técnica domiciliaria, podemos encontrar un índice de sensibilidad del 5 al 10% de pacientes en piezas individuales o de forma generalizada. Esta sensibilidad es reversible, por lo que al finalizar el

tratamiento, ésta desaparece. Si aparece sensibilidad, podemos aplicar flúor para que ésta disminuya, o sino interrumpir el tratamiento durante 24-72 horas hasta normalizarla⁽⁶⁵⁾.

Otro efecto del blanqueamiento es la inflamación gingival⁽⁷⁾, causado por el roce del gel blanqueador con la encía. Habrá que tener especialmente cuidado con las férulas que utilizan los pacientes en la técnica domiciliaria y si observamos esta complicación tendremos que recortar la férula de tal forma que ésta no toque encía.

El prurito orofaríngeo e irritación gástrica aparecen cuando el paciente deglute gel blanqueador. Si se produce, generalmente es por la aplicación en exceso de gel en la férula, la cual al colocarla en boca rebosa el gel y el paciente se lo traga⁽⁶⁷⁾.

2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, las personas tienen un creciente interés por mejorar su aspecto físico ya que se traduce en éxito social y profesional. En consecuencia, la estética dental cobra gran importancia. Entre los tratamientos destinados a mejorar la estética dental, los blanqueamientos juegan un papel fundamental. La gran demanda en este área de la odontología, ha impulsado que se desarrollen diferentes procedimientos, y por ello, los fabricantes intentan ofrecer a los odontólogos y pacientes, nuevos productos y técnicas más desarrolladas que permitan obtener resultados satisfactorios.

El blanqueamiento en consulta ofrece buenos resultados clínicos pero requiere largos períodos de aplicación del agente blanqueante o múltiples sesiones para conseguirlo lo que puede incrementar el riesgo de sensibilidad dental. Por ello, los investigadores pretenden reducir los tiempos de blanqueamiento mediante la aceleración de la descomposición del peróxido de hidrógeno. Así obtendremos resultados en menor tiempo, reduciendo la sensibilidad dental y logrando una mejor aceptación por parte del paciente. Las diversas maneras de disociar el peróxido de hidrógeno pasan por aplicar una técnica de activación física, físico-química o química como el calor o la luz. El calor aumenta la temperatura dentaria y la sensibilidad, por lo que se han desarrollado nuevos sistemas que utilizan luz para superar este inconveniente. A concentraciones de peróxido de hidrógeno (20-30%) utilizados durante el blanqueamiento en consulta, la aplicación de luz mejora los resultados inmediatos de blanqueamiento. La luz facilita la fotólisis del peróxido de hidrógeno además de incrementar los radicales de hidroxilo compensando las menores concentraciones de peróxido de hidrógeno, por esta razón, la aplicación de luz puede reducir los efectos secundarios derivados del blanqueamiento y se han desarrollado nuevos sistemas de fotoactivación.

Este estudio ha comparado dos sistemas de fotoactivación que pertenecen a la misma casa comercial, una utiliza luz ultravioleta y la otra utiliza luz LED. La luz ultravioleta presenta cierta peligrosidad, ya que su radiación es perjudicial para los tejidos blandos del paciente si no se realiza el aislamiento correctamente. Debido a la existencia limitada de estudios que avalen la mejora de los nuevos sistemas de fotoactivación, se considera necesaria la realización de nuevos estudios que profundicen al respecto, y así, intentar mejorar el tratamiento de blanqueamiento dental, por lo que se realizó este ensayo clínico que comparará la efectividad de las lámparas ultravioleta (ZOOM 2) frente a las de luz LED (ZOOM!) en el blanqueamiento dental.

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

En pacientes adultos sanos es más efectivo el uso de lámparas de luz LED que las lámparas de luz ultravioleta en el tratamiento de blanqueamiento dental en consulta.

Hipótesis nula: No hay diferencias estadísticamente significativas en la eficacia de blanqueamiento entre la utilización de luz LED y lámpara de luz ultravioleta

4.OBJETIVOS

Valorar la eficacia clínica del tratamiento de blanqueamiento dental con el uso de luz LED y un protocolo de tratamiento.

Valorar la eficacia clínica del tratamiento de blanqueamiento dental con el uso de luz ultravioleta y un protocolo de tratamiento.

Comparar ambos sistemas de blanqueamiento (ZOOM! y ZOOM 2 respectivamente) al final del tratamiento.

5.MATERIAL Y MÉTODO

Estudio analítico: ensayo clínico, experimental, controlado, longitudinal con grupo de control paralelo.

El estudio se realizó en la Universidad Complutense de Madrid, en la Facultad de Odontología, Departamento de Odontología Conservadora durante un periodo de 8 meses, tras haber sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Área 7 del Hospital Clínico San Carlos. Es un estudio clínico aleatorizado, doble ciego, a boca partida, utilizando ambas hemiarcadas anteriores superiores.

En el estudio se incluyeron 20 sujetos mayores de 18 años, sin enfermedades sistémicas conocidas y que presentaban el grupo incisivo canino totalmente erupcionado. Datos: sexo, edad, medicación, etiología de las tinciones, profundidad de sondaje

Para seleccionar a nuestros pacientes, tuvimos en cuenta una serie de criterios de inclusión y de exclusión, por lo que para poder participar en este estudio, los pacientes debían cumplir:

Criterios de Inclusión:

- Mayores de edad con incisivos centrales, incisivos laterales y caninos superiores erupcionados
- Color A3 o más oscuro de la guía Vita Classical® ordenada por valor
- Dientes de estudio sin caries
- Dientes no endodonciados
- Dientes sin fisuras ni fracturas de esmalte
- Enfermedad periodontal moderada tratada
- Sin restauraciones protéticas
- Ausencia de alteraciones sistémicas: hepáticas, hemolíticas, metabólica y endocrinas
- Pacientes no portadores de ortodoncia
- Tinciones no causadas por tetraciclinas ni fluorosis
- Pacientes no fumadores
- Mujeres no embarazadas ni en periodo de lactancia.

- Pacientes que no hayan recibido tratamiento de blanqueamiento dental previo
- Pacientes sin sensibilidad dental

Criterios de exclusión:

- Pacientes que no acuda a una cita de seguimiento
- Menores de edad
- Pacientes que no firmen el consentimiento informado
- Pacientes que no informen sobre datos relevantes a la investigación: enfermedades y medicación que influyan en el color dental

Los pacientes se distribuyen en dos grupos (1 y 2). Cada uno corresponde a un sistema de fotoactivación con el que se realiza el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al porcentaje determinado por el fabricante. En ambos grupos el porcentaje de peróxido de hidrógeno fue al 25%.

Grupo 1: Luz ultravioleta; Sistema Zoom 2

Grupo 2: Luz LED; Sistema Zoom!

Los grupos se organizan de forma que las tonalidades sean similares. Es decir, los pacientes se asignaron a cada grupo de una manera controlada en base al color inicial que presentasen, de modo que en los dos grupos hubiera las mismas tonalidades iniciales y ambos sistemas partiesen de pacientes similares. De esta forma tratamos de evitar que el azar introduzca colores más oscuros en un grupo dando ventaja a ese dispositivo de luz para tener un mayor efecto blanqueante. Cada grupo recibió el tratamiento con el dispositivo de luz correspondiente; luz ultravioleta o luz LED. En ambos grupos la aplicación del sistema la realizó un profesional con el mismo protocolo sin que éste conociera el producto utilizado para cada hemiarcada; placebo o agente blanqueante.

En primer lugar se informó al paciente mediante folletos informativos sobre el tratamiento que iba a recibir; forma en la que se iba a llevar a cabo y posibles efectos secundarios del tratamiento de blanqueamiento. Seguidamente, se procedió a la firma consentimiento informado, realización de la historia clínica, y a realizar una profilaxis.

Antes de iniciarse el estudio, a todos los pacientes se les proporcionó el mismo cepillo dental Vitis medio®. (Dentaid. 08034 Barcelona. España) y la misma pasta de dientes Fluor-aid 250® (Dentaid. 08034 Barcelona. España) para que lo utilizaran durante las dos semanas previas y mientras durase el estudio. También se les dieron recomendaciones para que durante ese periodo de tiempo la dieta no contuviera ningún tipo de colorantes.

A continuación, se tomó una impresión con un hidrocoloide irreversible de alginato Hidrogum® de la arcada superior e inferior para elaborar un modelo de escayola. Sobre el modelo superior confeccionamos una férula semirrígida con planchas de acetato de vinilo de tres milímetros de grosor de Dentaflux (28110 Algete, Madrid, España) . Se perforó a nivel vestibular de los incisivos centrales y caninos superiores con el tamaño del terminal del espectrofotómetro (VITA Easyshade Compact®) que sirvió como referencia para siempre realizar el registro de color en el mismo punto y en la posición correcta.

El cálculo de las mediciones de color entre el color inicial y el de cada sesión se realizaron mediante la fórmula matemática:

$$\Delta E_1 = \sqrt{(L_1 - L_0)^2 + (a_1 - a_0)^2 + (b_1 - b_0)^2}$$

A cada sujeto participante en el estudio se le realizaron controles durante tres semanas. Al inicio se les tomó el color con un espectrofotómetro mediante el sistema cieLab. A la semana de la primera sesión se realizó el mismo control con el mismo sistema y se volvió a aplicar otra sesión. Finalmente a la semana se volvió a tomar el color observando qué variaciones había en el del sistema Cielab.

Por tanto, tras la fabricación de las férulas se realizó una evaluación previa al tratamiento y determinamos el CieLAB del incisivo central, y canino superiores derechos e izquierdos. Para ello usamos el espectrofotómetro VITA Easyshade Compact® colocando el terminal sobre cada perforación de la férula fabricada anteriormente habiéndola calibrado en su base previamente y luego midiendo tres veces. De las tres veces debía coincidir dos para que fuese fiable, y se anotaba el CieLab (se aceptaron diferencias de hasta dos puntos entre mediciones).

Además, se tomaron fotografías en color, con el tono(s) seleccionado(s) de la guía Vita Classical y con la cámara CANON EOS 500D calibrada, para poder establecer comparaciones futuras.

Realizamos las siguientes fotos como diagnóstico complementario:

Foto labios frontal sonrisa escala 1:2

Foto arcadas frontal sin ocluir escala 1:2 MORDIDA BORDE A BORDE

Foto arcadas frontal sin ocluir escala 1:2 MORDIDA BORDE A BORDE con guía Vita

Foto dientes frontal sin ocluir escala 1:1

Foto dientes frontal sin ocluir escala 1:1 con guía Vita

Posteriormente, se determinaba qué arcada llevaría el placebo o el gel blanqueante. Para ello se preparan dos jeringas (A y B). El Director del estudio fue el encargado de rellenar las jeringas para cada paciente. Una jeringa contenía el gel blanqueador y la otra jeringa con glicerina de igual color y consistencia que actúa como placebo. Para aleatorizar qué hemiarcada recibiría el producto de la jeringa A o B se lanzaba una moneda al aire de forma que cara correspondía con la hemiarcada derecha y cruz con la hemiarcada izquierda. El resultado del lanzamiento de la moneda (cara=hemiarcaada derecha o cruz=hemiarcaada izquierda) correspondía a la jeringa A y por tanto, la hemiarcada restante correspondía a la jeringa B. Las jeringas eran de igual forma y color y ninguna persona relacionada con el estudio conocía el contenido de cada jeringa salvo el Director del estudio. La información del contenido de cada jeringa correspondiente a cada paciente era archivada en una carpeta a la que solo él tenía acceso y que se entregó al finalizar los tratamientos para el análisis de los resultados.

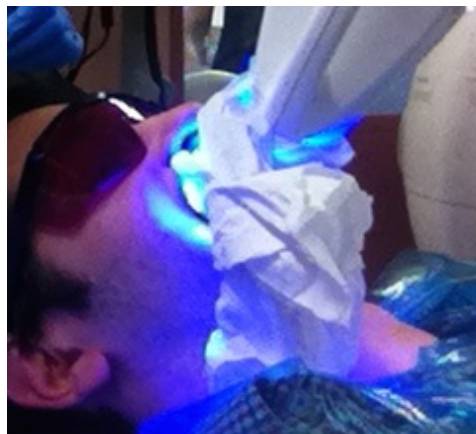
GRUPOS DE ESTUDIO: Luz ultravioleta (ZOOM2) y luz LED (ZOOM!)

Antes de aplicar el gel, se protegieron los labios, mejillas y lengua mediante un retractor y gasas protectoras proporcionadas por el fabricante. Se colocó en el grupo incisivo-canino superior el protector gingival de resina fotopolimerizable Liquidam® (Discus Dental 8550 Higuera Street Culver City, CA 90232, USA) con el fin de proteger los dientes y la encía del gel blanqueante, y se polimerizó durante 20 segundos. Era colocado en capas pequeñas de no más de 0,5 mm, para no crear monómeros libres no polimerizados y dañar los tejidos blandos del paciente.

El protocolo de aislamiento del sistema de luz ultravioleta difiere del sistema de luz LED en que los tejidos blandos han de protegerse por completo. Esto es debido al potencial riesgo al que están expuestos debido a la radiación que caracteriza a la luz ultravioleta, pudiendo producirse quemaduras en los tejidos blandos. En cambio, el sistema de luz LED no produce estas lesiones y solo precisa proteger los tejidos blandos parcialmente para evitar entrar en contacto con el gel blanqueante.



A continuación, se aplicó el gel de la jeringa A sobre la superficie vestibular del grupo incisivo-canino de una hemiarcada superior, y el gel de la jeringa B sobre la superficie vestibular del grupo incisivo-canino de la otra hemiarcada correspondiente, con un espesor de dos milímetros. Tras ello, se protegió el operador y paciente con gafas y se procedió a aplicar el sistema de luz correspondiente en tres ciclos de 15 minutos renovando el gel en cada período.



Posteriormente, se elimina el gel de los dientes mediante el sistema de aspiración, lavado con agua a presión y el uso de gasas. Se retiran las gafas, las gasas protectoras, el retractor, y el protector gingival para volver a lavar toda la boca con abundante agua y así asegurarnos de la completa eliminación de los posibles restos del gel blanqueante.

En caso de que accidentalmente los tejidos blandos del paciente entren en contacto con el gel blanqueante, y se produzca una pequeña lesión ulcerosa, se les aplicará en dicha zona un gel de Vitamina E. A las dos horas de la aplicación del gel de Vitamina E, la lesión debe haber desaparecido.

A todos los pacientes se les proporcionó una hoja explicativa de las comidas y bebidas que no debían ser consumidas durante todo el tratamiento, entre ellas ciertas bebidas carbonatadas, café, té, vino tinto y demás bebidas con colorantes. Tampoco deberían ingerir alimentos con alto contenido en taninos como tomates, fresas y en especial las que emplean colorantes como el azafrán, con el fin de evitar posibles cambios de color en los dientes debidos al consumo de este tipo de alimentos.

A la semana del tratamiento se toman de nuevo todos los registros de color mediante el espectrofotómetro EasyShade sobre los dientes de estudio con la férula posicionadora y nuevos registros fotográficos con la Guía Vita, y se procede a volver a aplicar el tratamiento blanqueador con la luz correspondiente siguiendo el mismo procedimiento de la semana anterior.

Transcurrida una semana del último tratamiento se toman de nuevo todos los registros de color mediante el espectrofotómetro VITA Easyshade Compact® sobre los dientes de estudio con la férula posicionadora y nuevos registros fotográficos con la Guía Vita. El intervalo para las mediciones es de una semana para que la deshidratación momentánea que se produce recién transcurrida la sesión de blanqueamiento no influya en la recogida de los datos y, además, porque el color ya se ha estabilizado.

Una vez finalizado el estudio a todos los pacientes se les ofreció un tratamiento de blanqueamiento dental suplementario con férulas de vinilo de 1 mm de grosor, para igualar el color de todos sus dientes. De esta manera se igualó la tonalidad de los dientes expuestos y no expuestos a la activación del peróxido de hidrógeno, así como los dientes inferiores que no participaron en el estudio. El producto que se les aplicó fue Opalescence (ULTRADENT), cuyo componente principal es Peróxido de Carbamida al 16%. Se le comunicó al paciente que colocara el gel blanqueador en pocas cantidades en la férula de blanqueamiento y se la colocara durante 3-4 horas al día, preferiblemente por la noche después de cenar evitando la ingesta de alimentos con poder colorante durante todo el tratamiento domiciliario. La duración del tratamiento para igualar ambas arcadas fue de 2 semanas, siendo supervisado por el mismo profesional y tomando registros de color fotográficos y mediante el espectrofotómetro VITA Easyshade Compact® a la tercera semana de haber comenzado el tratamiento domiciliario.

Tras la obtención de todos los registros en ambos grupos se analizan los resultados para poder identificar si existe diferencia de eficacia entre los dos sistemas de lámpara:

MATERIAL Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Todos los datos analizados son de naturaleza cuantitativa por lo que se procedió, en primer lugar, a la comprobación de la normalidad de los mismos empleando el test de Kolmogorov-Smirnoff, demostrándose que en las variables empleadas los datos se ajustaban a una distribución normal (test no significativo).

En consecuencia, como estadísticos descriptivos se han empleado la media y la desviación típica. Sin embargo, debido al pequeño tamaño muestral disponible ($n=10$) se han empleado test no paramétricos para realizar la estadística inferencial.

Las comparaciones entre los dos grupos del estudio se han realizado con el test de Mann-Whitney y las comparaciones entre grupos pareados (antes en comparación con después o control versus test, por ejemplo), se han realizado con el test de Wilcoxon para muestras pareadas.

En todos los casos, el nivel de significación empleado ha sido el habitual de $p \leq 0,05$.

6.RESULTADOS

Se formaron dos grupos de estudio: 1 y 2. El grupo 1 recibió el tratamiento con el dispositivo de luz ultravioleta ZOOM2 y el grupo 2 con el dispositivo de luz LED ZOOM!. A todos los pacientes se le aplicó peróxido de Hidrógeno al 25% en una hemiarcada del grupo canino-incisivo y placebo en la otra hemiarcada. Se realizaron 3 sesiones de 15 minutos.

Se realizó un análisis intragrupo y un análisis intergrupos:

INTRAGRUPPO

En los resultados obtenidos de la comparación de los valores hallados de **DELTA E** tras la primera y tras la segunda sesión del tratamiento entre el grupo control (que aplicaron placebo) y el grupo test (que aplicaron peróxido de hidrógeno) se hallan diferencias estadísticamente significativas tras la *primera sesión* y tras la *segunda sesión* en ambos grupos. (Tabla 1)

<i>Comparativa</i>	P Grupo1	P Grupo 2
D1 TEST-D1 CONTROL	p =0,005	p =0,005
D2 TEST-D2 CONTROL	p =0,005	p =0,005

Tabla 1. Comparación entre delta E control versus test, tras la primera sesión (D1) y segunda sesión (D2). (Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon)

Se realizó una comparación de los valores obtenidos entre los grupos test y los control al inicio de la clínica (tan solo se tuvo en cuenta la L del sistema cieLAB, ya que determina la luminosidad del diente), y no se obtuvo ninguna diferencia estadísticamente significativa entre ellos como era de esperar (Tabla 2). También se comparó la diferencia en el grupo test al inicio con el final de la clínica y se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el grupo 1 y un valor muy próximo al nivel de significación empleado en este estudio ($p \leq 0,05$) en el grupo 2 (tabla 2). El grupo control al inicio comparado con el final obtiene resultados muy dispares, obteniéndose una significación de 0,019 en el grupo 1 y no existiendo diferencias estadísticamente significativas en el grupo 2 (tabla 2).

<i>Comparativa</i>	L Grupo1	LGrupo2
TEST inicial- CONTROL inicial	p = 0,44	p = 0,86
TEST final-TEST inicial	p = 0,005	p = 0,07
CONTROL final-CONTROL inicial	p = 0,019	p = 0,44

Tabla 2. Comparación entre el grupo test y el grupo control al inicio de la clínica y el grupo test al inicio con el final de la clínica. (Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon)

En las comparaciones entre el grupo 1 Y 2:

Se halló la media del valor L de la medida del color que el espectrofotómetro easys shade determinó de los dientes incisivo central superior y canino superior que conformaban la hemiarcada *test* en baseline, y los valores obtenidos tras la última semana (tabla 3). Así como la media de los deltas E tanto en test como control en la primera (D1) y segunda semana (D2) de blanqueamiento (tabla 4).

Valores descriptivos

L	MEDIA EN BASELINE	MEDIA EN FINAL
GRUPO 1	74,9	80,9
GRUPO 2	79,9	82,2

Tabla 3. Tabla descriptiva de los valores medios de L en función del tiempo en los dos grupos de estudio.

DELTA	D1 TEST	D2 TEST	D1 CONTROL	D2 CONTROL
GRUPO 1	7,7	10,9	2,25	2,25
GRUPO 2	8,07	9,92	3,14	4,08

Tabla 4. Tabla descriptiva de los valores de delta E tras la primera (D1) y segunda (D2) sesión.

Por otro lado, se hizo la comparación entre ambos grupos de los valores obtenidos de L en el grupo test al inicio de la clínica (Ltest inicio), y al final de la clínica (Ltest final). Además de entre los valores obtenidos de delta E tras la segunda sesión (D2test). (Tabla 5)

Comparativa	Ltest inicio	Ltest final	D1 test	D2 test	D1 control	D2 control
Grupo1-Grupo2	p = 0,1	p = 0,35	p = 0,91	p = 0,43	p = 0,52	p = 0,02

Tabla 5. Comparación de ambos grupos para el valor de L test inicial (Ltest inicio), final (Ltest final), DeltaE test tras la primera sesión (D1test) y segunda sesión (D2test), del grupo control (D1 y D2 CONTROL)

(Prueba de Mann-Whitney)

Los resultados obtenidos en las distintas fases del estudio son los siguientes:

1.- BASELINE

Los resultados obtenidos en los dos grupos mostraron una media de color inicial de alrededor de 77,4 (tabla 3) con una significación de 0,1 (tabla 5) en la comparación de los valores L obtenidos en ambos grupos. Por tanto, la diferencia entre estos dos grupos no fue estadísticamente significativa al inicio, es decir, ambos grupos de estudio partieron de un mismo valor de L.

2.- D1 TEST

El Grupo 1 tras la primera sesión obtuvo un delta E de 7,7 siendo el valor del grupo 2 más alto con un delta E de 8,07 (tabla 4). No hubo diferencias significativas $P=0,91$ (tabla 5).

3- D2 TEST

En cambio, el grupo 1 muestra un delta E de 10,9 tras la segunda sesión superior al valor alcanzado por el grupo 2 de 9,92 (tabla 4). No obstante, finalmente, la diferencia entre los dos sistemas no resultó estadísticamente significativa $P = 0,43$. (Tabla 5)

4.- D1-D2 CONTROL

Observando los resultados, en las arcadas que portaron el placebo, el delta E del cambio es mayor en el grupo 2 en comparación con el de el grupo 1 (tabla 4), habiendo diferencias estadísticamente significativas en los valores obtenidos tras la segunda sesión $P=0,023$ (tabla5).

5.- MEDIA EN FINAL

Los resultados obtenidos en la comparación de los valores L mostraron una media de color final de 81,5 (tabla 3) superior a la inicial de 77,4 . Tampoco se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas del valor de L final entre ambos grupos $P=0,35$ (tabla 5). Es decir, ambos grupos de estudio obtuvieron un mismo valor de L.

DISCUSIÓN

A lo largo de la historia se han desarrollado multitud de sistemas dirigidos a blanquear los dientes. El peróxido de hidrógeno sigue siendo el componente principal para los blanqueamientos en consulta, cuya oxidación produce un notable blanqueamiento en los dientes.

Este estudio se realizó sobre los dientes anteriores superiores y se aplicó el diseño experimental a boca partida cuya principal ventaja es que permite tener un patrón fijo de comparación del color en el mismo paciente a través de los dientes anteriores superiores contralaterales además de la comparación intergrupo^(18, 22, 68, 69, 70, 71). El diseño a boca partida utilizado en nuestro estudio y en otros trabajos como en el de Kugel y col. (2006) o Al Shethri & Others (2003) para la evaluación clínica de la activación química de blanqueamiento a través del sistema

de la activación con luz, permite tener un control y establecer estudios comparativos entre ambas hemiarcadas además de entre diferentes pacientes⁽⁵⁶⁾.

Además, se decidió que los pacientes no fueran distribuidos en los grupos de una forma randomizada, tal y como lo hacen otros autores en diferentes estudios que hemos encontrado^(22, 63, 68). Los hemos organizado según el color base que presentaran de forma que los grupos quedaran homogeneizados entre ellos para evitar que el azar introduzca en un grupo colores más oscuros, dando ventaja a ese sistema para blanquear más.

Se evaluó la eficacia del tratamiento con una lámpara de luz ultravioleta Zoom2® comparado con una lámpara de luz LED Zoom!® con peróxido de hidrógeno al 25%.

El peróxido de hidrógeno puede generar oxígeno, con o sin el uso de una fuente de luz^(66, 72). Sin embargo, varios autores^(41, 74) han demostrado el efecto catalizador en la reacción química que produce el efecto blanqueante con la aplicación de luz externa. La reacción de oxidación del peróxido adquiere mayor velocidad, por lo que el blanqueamiento se consigue en un menor tiempo.

En muchas ocasiones ocurre que inmediatamente después de la sesión de blanqueamiento, se aprecia un mayor blanqueamiento en los dientes que en los días consecutivos. Esto es debido a la deshidratación que sufren los dientes durante el blanqueamiento. Los estudios de Carrasco y col. (2007) y Kashima-Tanaka y col. (2003) demostraron dicho proceso de deshidratación en los dientes y, además, la recuperación posterior a este efecto cuando se rehidratan. Se puede interpretar como un efecto rebote en el color de blanqueamiento obtenido en el momento inmediato post tratamiento^(44, 66, 72, 74).

En nuestro estudio hemos medido el color siempre una semana después de dar cada sesión, justo antes de empezar con una nueva sesión, de ese modo se evitó cualquier sesgo que pudiera ocasionarnos al medir el color de los dientes estando estos deshidratados.

Hay que tener en cuenta que al aplicar una fuente de luz externa, deshidratamos más rápidamente el diente al aumentar la temperatura.

Un aumento de la temperatura puede duplicar las reacciones químicas en el peróxido de hidrógeno⁽⁷¹⁾. En estudios realizados por Papathanasiou y col.(2002), el blanqueamiento dental con lámpara de luz halógena se asoció en parte al proceso de deshidratación que presentó el diente por la producción de calor de las lámparas⁽⁴⁴⁾. Sin embargo, en un estudio realizado por Tavares y col. (2003) describe que además de la luz, el calor que proviene de la lámpara es una ventaja añadida que permite aportar un aparente blanqueamiento en el momento de terminar el tratamiento⁽⁴¹⁾. Estudios de Kugel y col. (2006) observaron que la activación con luz produce un aumento considerable de calor que es capaz de catalizar la disociación del peróxido de hidrógeno en agua y liberación de oxígeno⁽⁵³⁾. Pero este aumento de temperatura también puede afectar provocando mayor sensibilidad dentaria además de irritación pulpar.

Los laboratorios luchan e investigan por conseguir un sistema de blanqueamiento eficaz en el menor tiempo posible y que a la vez disminuya los posibles efectos secundarios que aparecen. Hay que tener en cuenta que si aumentamos el tiempo de aplicación del gel blanqueante podemos encontrarnos con aumento de efectos secundarios. Según el estudio desarrollado por Paula C. Cardoso y col. en el año 2010⁽⁷⁰⁾, demostraba que a mayor tiempo de aplicación de peróxido de Carbamida, aumentaba la sensibilidad, y disminuía la satisfacción de nuestro paciente. Por lo que se llegó a la conclusión de que es más favorable aumentar las sesiones de blanqueamiento y disminuir su concentración y el tiempo de aplicación de cada sesión. Actualmente, esto se busca realizar mediante la reducción del calor emitido por las lámparas, la acción de nuevos compuestos en el gel blanqueante, y mayor efectividad en las lámparas que permitan reducir las concentraciones del gel blanqueante.

Existen diferentes tipos de luz, y por tanto, en función de su naturaleza unas emiten mayor o menor calor que otras, por tanto, los resultados obtenidos con la utilización de luz para activar el peróxido de hidrógeno pueden ser diferentes según algunos autores.

Se trata de conseguir que la lámpara emita la energía suficiente para que pueda interactuar con los componentes fotosensibles presentes en el gel blanqueante sin producir daño al diente⁽³¹⁾. Una de las lámparas utilizadas en este estudio es de luz ultravioleta y emplea un rango de luz de 350nm-400nm. Su fuente es un halide⁽²²⁾. La luz ultravioleta emite energía que activa el gel de peróxido de hidrógeno⁽⁴³⁾. Por otro lado, el otro tipo de lámpara que intervino en el estudio era de luz LED. Estas lámparas a diferencia de otras no generan calor, reduciendo los riesgos derivados de ello y además no necesitan de un sistema de ventilación⁽⁴⁰⁾.

Otro factor a tener en cuenta es la composición del gel blanqueante empleado en el tratamiento. En este estudio se empleó peróxido de hidrógeno al 25 % en ambos grupos, de la misma casa comercial lo que permite reducir el sesgo. Uno de los componentes del gel es el gluconato ferroso que actúa como agente de disolución activando el peróxido de hidrógeno. De esta forma contribuye en el proceso catalizador de la reacción foto-Fenton y en la prevención de la sensibilidad dental⁽⁴³⁾. Meireles y col. en el año 2009⁽⁷¹⁾ añade que la concentración del gel blanqueador no influye en la duración del blanqueamiento en el tiempo. En su estudio comparó dos concentraciones diferentes de peróxido de carbamida, al 10% y al 16%. Al año del blanqueamiento realizó mediciones con un espectrofotómetro y con guías de colores y se observó que el grado de blanqueamiento era prácticamente el mismo a pesar de haber usado diferentes concentraciones.

Otro factor importante a la hora de escoger un sistema de blanqueamiento es tener en cuenta el pH del gel blanqueador. Se ha observado en la literatura, que se le ha dado mayor importancia al tiempo de aplicación del gel, mezclando en muchos casos productos químicos agresivos para la estructura dental para poder conseguir un blanqueamiento total en menor tiempo, dejando en un segundo lugar los efectos que éstos producían. Se pueden encontrar varios estudios, como el desarrollado por Travassos y col. en el año 2010⁽⁷⁵⁾ en el estudiaba el efecto del cloruro férrico, el sulfato ferroso, gluconato de manganeso, cloruro de manganeso y el extracto de raíz de morera sobre el diente y su capacidad de blanquear⁽³⁷⁾.

Por otro lado, Magalhães en el año 2011 demuestra que a mayor tiempo de aplicación del gel blanqueante y a mayor pH de éste, mayor es el riesgo de fractura del esmalte⁽⁷⁶⁾. Por lo tanto, el aumentar la concentración del producto, el pH de éste o el tiempo de aplicación de cada sesión, ya sea mediante peróxido de hidrógeno como peróxido de carbamida, nos aporta más inconvenientes que beneficios.

La luz facilita la fotólisis del peróxido de hidrógeno además de incrementar los radicales de hidroxilo, por lo que nos permite compensar la reducción de concentraciones de peróxido de hidrógeno, y así, reducir los efectos secundarios derivados de la aplicación de geles de alta concentración como el aumento de sensibilidad. También es interesante medir la efectividad entre lámparas para además disminuir el tiempo de actuación del peróxido, es decir, conseguir el mismo efecto en menor tiempo. En este estudio los tiempos son iguales para los dos tipos de lámparas.

Se realizaron registros de color iniciales, y a la semana de la primera sesión y segunda sesión a través de la guía Vita, registros fotográficos y mediante espectrofotómetro. Hasta el momento uno de los métodos más utilizado y del que mayor referencia se obtenía para los estudios de blanqueamientos era mediante el uso de la guía Vita ordenada por valor medido por dos observadores calibrados^(18, 22, 68, 69, 70, 71). En este estudio hemos medido la diferencias de color mediante el espectrofotómetro para evitar la subjetividad. Sin embargo, esta técnica presenta ventajas e inconvenientes⁽⁴⁶⁾ y en algunos estudios como el de revisión realizado por Joiner y col., 2004, no se encontraron diferencias significativas entre la utilización del espectrofotómetro y la medición visual⁽¹⁴⁾.

Uno de los inconvenientes descrito por Hasegawa y col., 2000 es la diferencia de color entre áreas en un mismo diente lo que provoca que pueda haber diferentes valores cuando se mide un diente⁽⁴⁷⁾. Para que la medición se realizara de la manera más fiable, se confeccionaron férulas de posicionamiento como lo hace Kim-Pusateri, et al (2009)⁽⁴⁸⁾. Estas férulas nos permiten posicionar el terminal del aparato medidor siempre en la misma posición. El grosor de las férulas fue de 3 milímetros para también conseguir la misma inclinación en cada una de las mediciones. Otros autores realizan las férulas de posicionamiento con aún mayor grosor^(49,50).

La superficie a medir debe de ser lisa, cualidad morfológica que no en todos los dientes se cumple^(3,42).

Otro factor a tener en cuenta en la medición del color mediante el uso del espectrofotómetro es la deshidratación del diente que puede dar lugar a variaciones en los registros. Para ello, en nuestro estudio se pedía al paciente cerrar repetidamente la boca antes y durante la medición⁽⁵¹⁾.

Para las medidas del color, se utilizó el ΔE (delta E), que es una forma de medir la diferencia existente entre dos colores, a través de la medición de la distancia entre puntos en un espacio tridimensional (un espacio de color Lab). Es decir, la diferencia mínima entre dos colores que el ojo humano medio es capaz de distinguir. Se puede hallar con un espectrofotómetro como hemos hecho en nuestro estudio y siguiendo diversos métodos de cálculo.

Los valores de ΔE considerados admisibles son usualmente muy bajos: entre dos y tres y medio son valores ya perceptibles como 'colores distintos' por el ojo no adiestrado. En un estudio de Kim-Pusateri et al (2009) demostraron que este método da más confianza y es más estable con un 96% de éxito⁽⁴⁸⁾.

Clínicamente, no se han encontrado con frecuencia problemas en los tejidos blandos, sin embargo, puede existir una irritación de la encía o mucosa durante la fase inicial del tratamiento. Histológicamente, varios autores como Hoffman, Meneghini (1979) y Tenovuo, Larjava (1984), llegaron a la conclusión de que los fibroblastos gingivales se ven afectados por el peróxido de hidrógeno^(54,53).

Para realizar el estudio y evitar así este efecto secundario, colocamos un protector gingival, para poder evitar la inflamación de las encías de los dientes que blanqueamos con peróxido de hidrógeno⁽³⁰⁾. En caso de sufrir una quemadura por contacto accidental con el gel blanqueante se aplicó Vitamina E en gel. A las dos horas de la aplicación del gel de Vitamina E, la lesión desaparece.

En los análisis intragrupo, según los resultados obtenidos en este estudio no obtenemos ninguna diferencia estadísticamente significativa en la comparación del grupo test con el control al inicio de los resultados de todos los pacientes pertenecientes a cada grupo para los valores de L que indica la luminosidad, de la media entre los incisivos centrales y los caninos (tabla 2) como era de esperar.

Respecto a los valores intragrupo de delta E, se hallan diferencias estadísticamente significativas tras la primera sesión y tras la segunda sesión entre el grupo test y el grupo control, en ambos grupos como se puede observar en la tabla 1. Además, en los valores descriptivos de delta E siempre encontramos una gran diferencia entre la media de los valores hallados en el grupo test frente a los del grupo control, siendo notablemente mayores los valores en los grupos test (tabla 3). Esto era predecible ya que independientemente del tipo de activación, el lado test portaba peróxido de hidrógeno, mientras que el lado control placebo.

En el análisis intergrupo el valor de delta E, tras la segunda sesión, obtuvo una media casi idéntica en el grupo 1(luz ultravioleta)=10,9 y en el grupo 2(LED)=9,92 (tabla 3). En el grupo test el valor de L final obtenido, que indica la luminosidad, fue superior en el grupo 2 (LED): L= 82,2 que en el grupo 1(luz ultravioleta): L= 80,9 (tabla 3). Tras realizar la prueba de Mann-Whitney para relacionar todos los resultados de ambos grupos, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas (tabla 4). Esto nos puede indicar que no encontramos diferencia en la eficacia entre ambas lámparas.

Hay que tener en cuenta, que los dos sistemas que hemos comparado siguen el mismo protocolo en los tiempos de utilización, además del mismo porcentaje de concentración de

peróxido de hidrógeno en el gel blanqueante e iguales componentes activadores, lo cual estandariza en condiciones iguales a los dos sistemas. Esto puede ser uno de los factores que quizás influyeron en la similitud de estos resultados. El gluconato férrico es uno de los componentes comunes del gel responsable de activar el proceso de blanqueamiento a través del efecto foto-fenton por lo que se produce una mejora considerable de la producción de radicales de oxígeno⁽³⁷⁾. Esta sensación de potenciador de gel la han experimentado muchos autores mencionados en diferentes artículos, como por ejemplo el de Gerard Kugel en 2009 o Andrew Gallagher en 2002^(56,77). Esta razón podría explicar por qué no se encuentran diferencias notables entre los dos sistemas de fotoactivación.

Por otro lado, contamos con un tamaño muestral muy limitado, que no nos permite obtener unos resultados estadísticos contundentes.

Encontramos significación estadística puntual en algún grupo control muy dispar comparado con el encontrado en el otro grupo de estudio, y sin guardar correlación con el resto de resultados obtenidos, lo que puede ser debido a que la muestra de pacientes sea muy baja y esto conlleva que las pruebas estadísticas se muestren de esta forma. A pesar de ello, el valor que se muestra con significación en el grupo control, muestran gran diferencia con la encontrada en el grupo test (tabla 2).

En este estudio se comparó la efectividad de estos dos sistemas de fotoactivación, pertenecientes a la misma casa comercial, para determinar en base a los resultados que ofrezcan si alguno es ventajoso sobre el otro y de esta forma mejorar el tratamiento de blanqueamiento dental en consulta. En caso de confirmarse la igualdad de efectividad entre ambos sistemas, sería recomendable el uso de luz LED. La luz ultravioleta presenta cierta peligrosidad debido a la susceptibilidad de los tejidos blandos a su radiación, que de no ser debidamente protegidos pueden dañarse sufriendo quemaduras. La luz LED a diferencia de las lámparas de luz ultravioleta no daña los tejidos blandos y no genera calor⁽⁴⁰⁾. De esta forma obtendríamos resultados similares reduciendo los riesgos derivados de la peligrosidad de la luz ultravioleta en los tejidos blandos y del calor producido en las otras lámparas⁽⁵³⁾ ofreciendo al paciente mayor seguridad. La luz LED presenta además ventajas sobre otras fuentes de luz, principalmente por el bajo consumo de energía, mayor tiempo de vida, tamaño reducido, durabilidad, resistencia a las vibraciones, y por la reducción de ruidos en las líneas eléctricas⁽⁷⁸⁾. Los costes y consumo de energía se reducen en un 40% frente a los modelos anteriores de Zoom[®]⁽⁷⁹⁾. Su desventaja compartida con la luz ultravioleta es que pueden ser dañinas para la vista sin uso de protección visual⁽⁸⁰⁾.

Si en futuros estudios se demostrara una clara diferencia de efectividad entre el uso de luz ultravioleta frente al uso de luz LED, se deberían sopesar los posibles daños que esta luz puede causar frente a los beneficios que proporcionaría al paciente.

También se observa en el grupo test tanto en el grupo 1 como en el grupo 2 que tras la segunda sesión mejoran los resultados, mientras que en el grupo control tras la segunda sesión se mantienen más o menos estables (tabla 8), dando a entender esto, que una semana no es suficiente para alcanzar los máximos valores de blanqueamiento de los dientes con estos sistemas, a pesar de que se recomiende un solo uso por algunas casas comerciales.

Un sistema de activación por láser (LaserSmile -Biolaser®) fue evaluado en un estudio de Lin y col. (2008). En este estudio se empleó una muestra de 86 sujetos utilizando peróxido de hidrógeno al 35%. El tiempo de aplicación fue en una sola cita de tres sesiones; la inicial de siete minutos y la segunda y tercera de cuatro minutos, respectivamente. Este estudio menciona que el empleo de láser produce resultados instantáneos iguales a los del sistema de blanqueamiento Zoom2®⁽²⁸⁾. En cambio, los resultados del color no se encuentran estabilizados tendiendo siempre a disminuir debidos a varios factores, entre ellos, el proceso de deshidratación^(44, 66, 72, 74). En nuestro estudio, tenemos en cuenta estos factores por lo que nuestros resultados se hallan ya estabilizados.

7. CONCLUSIONES

1.- Los dos sistemas produjeron un mayor cambio en el lado test que en el lado control (que portaba el placebo).

2.- Los dos sistemas de fotoactivación obtuvieron eficacia clínica con dos sesiones de tratamiento.

3.- No se aprecian diferencias significativas entre el sistema de fotoactivación ultravioleta (Zoom 2) y el sistema de fotoactivación LED (Zoom!).

4.- Es necesario que se realicen futuros estudios con un mayor volumen de pacientes para poder obtener conclusiones con mayor determinación y averiguar si uno de los sistemas de luz es más ventajoso que el otro para proporcionar mayores beneficios al paciente.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Bistey T, Nagy IP, Simó A, Hegedus C. In vitro FT-IR study of the effects of hydrogen peroxide on superficial tooth enamel. *J Dent*. 2007 Apr.;35(4):325–330
2. Aschheim, Kenneth W., Dale, Barry G. *Odontología Estética. Una aproximación clínica a las técnicas y los materiales*. 2002. 2ª Edición. Ed. Mosby. Cap 2 p. 23-37
3. Harry, F., Albers, D.D.S. *Odontología Estética. Selección y colocación de materiales*. Ed. Labor. 1985. 6: 166-177
4. Y Li. Biological properties of peroxide-containing tooth whiteners. *Food Chem Toxicol*. 1996 vol 34 (9) pp. 887-904
5. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent*. 2006 Aug.;34(7):412–419.
6. Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1965 Apr.;19:515–530.
7. Anitua Aldecoa, E., Gascón Mayordomo, F. *Soluciones estéticas de dientes con decoloraciones. Puesta al día* Publicaciones D.L. España. 1992 1:17
8. Ahmad I. Digital dental photography. Part 2: Purposes and uses. *Br Dent J*. 2009 May;206(9):459–464.
9. Bruce J. Crispin. *Bases prácticas de la odontología estética*. 1998. Ed. Masson. Cap.2: 23-47.
10. Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Nat R, Zantner C. In vitro comparison of visual and computer-aided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *J Prosthet Dent*. 2009 Feb.;101(2):92–100.
11. Trushkowsky RD. How a spectrophotometer can help you achieve esthetic shade matching. *Compend Contin Educ Dent*. 2003 Jan.;24(1):60–66.
12. Miyashita, E. Salazar Fonseca, A. *Odontología estética. El estado del arte*. Ed. Artes Médicas. 2005. 14: 351-357.
13. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J*. 2001 Mar.;190(6):309–316.
14. Rosentiel SF, Johnston WM. The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations. *J Prosthet Dent*. 1988; 60(3): 297-303
15. Munsell. A. H. 1961. *A color Notatio*. 11th Ed. Baltimore: Munsell Color Co(1936)
16. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am*. 2004 Apr.;48(2):v, 341–58.
17. Bona Della A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater*. 2009 Feb.;25(2):276–281.
18. Mallat Desplats, E., Mallat Callis, E. *Fundamento de la estética bucal en el grupo anterior*. Ed. Quintessence. 2001. 11: 251-293.
19. New Tone. La uniformización del espacio colorimétrico. 2011. http://www.newtone.fr/es/curso_colorimetria_unifomizacion_munsell.php
20. Marcucci B. A shade selection technique. *J Prosthet Dent*. 2003 May;89(5):518–521.
21. Hayashi T. Medical color standard V. Tooth Crown. 1967. *J.Dent. Res* 65 (5):837-841
22. Clark, E.B. 1931. An Analysis of Tooth Color. *J Am Dent Assoc* 18:2093-2103

23. Reyes escobar, A.G. Blanqueamiento Dental. Tesis Doctoral. Guatemala Septiembre 2008. <http://biblioteca.umg.edu.gt/digital/45865.pdf>.
24. Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent*. 2008 Jan.;36 Suppl 1:S2–7. 15.Mokhlis GR, Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ. A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use. *J Am Dent Assoc*. 2000 Sep.;131(9):1269–1277.
25. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent*. 2007 Apr.;97(4):200–208.
26. Yamamoto M. The value conversion system and a new concept for expressing the shades of natural teeth. Ed. Quintessence. 1992; 19: 9.14
27. Viscio D, Gaffar A, Fakhry-Smith S, Xu T. Present and future technologies of tooth whitening. *Compend Contin Educ Dent Suppl*. 2000 Jan.;(28):S36–43; quiz S49.
28. Lin C-H, Chou T-M, Chen J-H, Chen J-H, Chuang F-H, Lee H-E, et al. Evaluation of the effect of laser tooth whitening. *Int J Prosthodont*. 2008 Jan.;21(5):415–418.
29. Mokhlis GR, Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ. A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use. *J Am Dent Assoc*. 2000 Sep.;131(9):1269–1277.
30. Paravina RD. New shade guide for tooth whitening monitoring: visual assessment. *J Prosthet Dent*. 2008 Mar.;99(3):178–184.
31. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent*. 2004 Jan.;32 Suppl 1:3–12.
32. Kugel G, Papathanasiou A, Williams AJ, Anderson C, Ferreira S. Clinical evaluation of chemical and light-activated tooth whitening systems. *Compend Contin Educ Dent*. 2006 Jan.;27(1):54–62.
33. Touati B, Miara P, Nathanson D. Trasmisión del color y de la luz. En: *Odontología estética y restauraciones cerámicas*. Barcelona Ed. Masson; 2000: 39-60
34. RJ McCloskey. A technique for removal of fluorosis stains. 1984. *J Am Dent Assoc*, Vol 109, No 1, 63-64
35. Croll TP, Cavanaugh RR. Enamel color modification by controlled hydrochloric acid-pumice abrasion. I. Technique and examples. *Quint Int* 1986; 17(2):81-7.
36. Aschheim, Kenneth W., Dale, Barry G. *Odontología Estética. Una aproximación clínica a las técnicas y los materiales*. 2002. 2º Edición. Ed. Mosby. Cap 3 p. 247-266
37. Hein DK, Ploeger BJ, Hartup JK, Wagstaff RS, Palmer TM, Hansen LD. In-office vital tooth bleaching--what do lights add? *Compend Contin Educ Dent*. 2003 Apr.;24(4A):340–352.
38. Yazici AR, Khanbodaghi A, Kugel G. Effects of an in-office bleaching system (ZOOM) on pulp chamber temperature in vitro. *J Contemp Dent Pract*. 2007 Jan.;8(4):19–26.
39. Kihn PW. Vital tooth whitening. *Dent Clin North Am*. 2007 Apr.;51(2):319–31, viii.
40. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *J Am Dent Assoc*. 2004 Feb.;135(2):194–201; quiz 228–9
41. Kashima-Tanaka M, Tsujimoto Y, Kawamoto K, Senda N, Ito K, Yamazaki M. Generation of free radicals and/or active oxygen by light or laser irradiation of hydrogen peroxide or sodium hypochlorite. *J Endod*. 2003 Feb.;29(2):141–143.
42. Basting RT, Rodrigues AL, Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. *J Am Dent Assoc*. 2003 Oct.;134(10):1335–1342.

43. Berga-Caballero A, Forner-Navarro L, Amengual-Lorenzo J. At-home vital bleaching: a comparison of hydrogen peroxide and carbamide peroxide treatments. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006 Jan.;11(1):E94–9.
44. Greenwall, L. Técnicas de Blanqueamiento en odontología restauradora. Guía ilustrada. Ed. Ars Medica. 2002.
45. Auschill TM, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Oper Dent*. 2005 Jan.;30(2):156–163.
46. Lozada, Onelia, García, Claudia y Alfonso, Iván. Riesgos y beneficios del blanqueamiento Dental. *Acta Odontol. Venez*, ene. 2000, vol.38, no.1, p.14-17. ISSN 0001-6365.
47. Oteo Calatayud. J; Oteo Calatayud, C; Oteo Zaccagnini, A; Calvo Box, M^aJ. Clinical Efficacy of a Bleaching System Based on Hydrogen Peroxide with or without Light Activation. 2010. *J Esthet. Dent*. Vol 5. N°2
48. Gerlach RW, Sagel PA. Vital bleaching with a thin peroxide gel: the safety and efficacy of a professional-strength hydrogen peroxide whitening strip. *J Am Dent Assoc*. 2004 Jan.;135(1):98–100.
49. la Peña de VA, Cabrita OB. Comparison of the clinical efficacy and safety of carbamide peroxide and hydrogen peroxide in at-home bleaching gels. *Quintessence Int*. 2006 Jan.;37(7):551–556.
50. Marson FC, Sensi LG, Vieira LCC, Araújo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Oper Dent*. 2008 Jan.;33(1):15–22.
51. Tavares M, Stultz J, Newman M, Smith V, Kent R, Carpino E, et al. Light augments tooth whitening with peroxide. *J Am Dent Assoc*. 2003 Feb.;134(2):167–175.
52. Sulieman M, Addy M, Rees JS. Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an in vitro study. *Br Dent J*. 2005 Jul.;199(1):37–40; discussion 32.
53. Caviades-Bucheli J, Ariza-García G, Restrepo-Méndez S, Ríos-Osorio N, Lombana N, Muñoz HR. The effect of tooth bleaching on substance P expression in human dental pulp. *J Endod*. 2008 Dec.;34(12):1462–1465.
54. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser--a systematic review. *Dent Mater*. 2007 May;23(5):586–596.
55. Lin C-H, Chou T-M, Chen J-H, Chen J-H, Chuang F-H, Lee H-E, et al. Evaluation of the effect of laser tooth whitening. *Int J Prosthodont*. 2008 Jan.;21(5):415–418.
56. Kugel G, Papathanasiou A, Williams AJ, Anderson C, Ferreira S. Clinical evaluation of chemical and light-activated tooth whitening systems. *Compend Contin Educ Dent*. 2006 Jan.;27(1):54–62.
57. Ziemba SL, Felix H, MacDonald J, Ward M. Clinical evaluation of a novel dental whitening lamp and light-catalyzed peroxide gel. *J Clin Dent*. 2005 Jan.;16(4):123–127.
58. Carrasco LD, Guerisoli DMZ, Rocha MJA, Pécora JD, Fröner IC. Efficacy of intracoronal bleaching techniques with different light activation sources. *Int Endod J*. 2007 Mar.;40(3):204–208.
59. Strobl A, Gutknecht N, Franzen R, Hilgers R-D, Lampert F, Meister J. Laser-assisted in-office bleaching using a neodymium:yttrium-aluminum-garnet laser: an in vivo study. *Lasers Med Sci*. 2010 Jul.;25(4):503–509.
60. Dostalova T, Jelinkova H, Housova D, Sulc J, Nemec M, Miyagi M, et al. Diode laser-activated bleaching.

Braz Dent J. 2004 Jan.;15 Spec No:SI3-8.

61. Lu AC, Margiotta A, Nathoo SA. In-office tooth whitening: current procedures. *Compend Contin Educ Dent*. 2001 Sep.;22(9):798-800, 802-3, 805.
62. Gultz J, Kaim J, Scherer W, Gupta H. Two in-office bleaching systems: a scanning electron microscope study. *Compend Contin Educ Dent*. 1999 Oct.;20(10):965-8, 970; quiz 972.
63. Polydorou O, Hellwig E, Hahn P. The efficacy of three different in-office bleaching systems and their effect on enamel microhardness. *Oper Dent*. 2008 Jan.;33(5):579-586.
64. Giniger M, MacDonald J, Ziemba S, Felix H. The clinical performance of professionally dispensed bleaching gel with added amorphous calcium phosphate. *J Am Dent Assoc*. 2005 Mar.;136(3):383-392.
65. Lozada, Onelia, Garcia, Claudia y Alfonso, Iván. Riesgos y beneficios del blanqueamiento Dental. *Acta Odontol. Venez*, ene. 2000, vol.38, no.1, p.14-17. ISSN 0001-6365.
66. Olga Lucía Rodríguez. *Blanqueamiento Dental*. 2005. http://www.susmedicos.com/art_blanqueamiento.htm
67. Documento de la comisión científica europea (comité científico en productos de consumo) opinión sobre peróxido de hidrógeno, en su forma libre o cuando es liberado, productos de higiene oral y en blanqueadores dentales (18-12-2007).
68. Agustín Pascual Moscardó, Isabel Camps Alemany. Odontología estética: Apreciación cromática en la clínica y el laboratorio. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006;11:E363-8
69. Oteo Calatayud J, Mateos de la Varga P, Oteo Calatayud C, Calvo Caja MJ. Estudio clínico comparativo de dos protocolos de blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 6%. 2009. *Int J Dent*; 2009:928306
70. Paula C. Cardoso, Alessandra Reis, Alessandro Loguercio, Luiz C.C. Vieira, and Luiz N. Baratieri. Clinical Effectiveness and Tooth Sensitivity Associated With Different Bleaching Times for a 10 Percent Carbamide Peroxide Gel. *J Am Dent Assoc* October 2010 141(10): 1213-1220
71. Sônia Saeger Meireles, Iná da Silva dos Santos, Álvaro Della Bona, and Flávio Fernando Demarco. A Double-Blind Randomized Controlled Clinical Trial of 10 Percent Versus 16 Percent Carbamide Peroxide Tooth-Bleaching Agents: One-Year Follow-up. *J Am Dent Assoc* September 1, 2009 140(9): 1109-1117
72. S Al Shethri, BA Matis, MA Cochran, R Zekonis, M Stropes. A Clinical Evaluation of Two In-Office Bleaching Products. *Oper. Dent*. 2003, 28-5, 488-495
73. Yadelsy E Zambrano y col. Efectos de las lamparas de halogenos y de diodos emisores de luz en el blanqueamiento dental externo. Venezuela 2007. *Revista odontológica de los Andes*. Vol. 2, N°2
74. Dagg H, O'Connell B, Claffey N, Byrne D, Gorman C. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *J Oral Rehabil* 2004 Sep;31(9):900-4.
75. Travassos et al. In vitro assessment of chemical activation efficiency during in-office dental bleaching. *Oper. Dent*. (2010) vol. 35 (3) pp. 287-94
76. Juliana G. Magalhães, Ângela R. K. Marimoto, Carlos R. G. Torres, Clovis Pagani, Symone C. Teixeira and Daphne C. Barcellos. July 25, 2011. *Acta Odontológica Escandinava*.
77. Gallagher A, Maggio B, Bowman J, Borden L, Mason S, Felix H. Clinical study to compare two in-office (chairside) whitening systems. *J Clin Dent*. 2002 Jan.;13(6):219-224.
78. Wang H1, Qi Y2, Mountziaris TJ2, Salthouse CD1. A portable time-domain LED fluorimeter for nanosecond fluorescence lifetime measurements. *Rev Sci Instrum*. 2014 May;85(5):055003

79. https://www.philipsoralhealthcare.com/en_us/whitening/zoom_whitespeed.php
80. Chen L1, Zhang XW2. Which lamp will be optimum to eye? Incandescent, fluorescent or LED etc. Int J Ophthalmol. 2014 Feb 18;7(1):163-168. eCollection 2014